

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยการปฏิบัติการหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม  
แบบท่อไฟขนาดไม่เกิน 10 ตัน



นาย บัณฑิต วงศ์เดอริ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

ISBN 974-579-002-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017596 11488088X

EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF THE OPERATIONS OF  
INDUSTRIAL FIRE TUBE BOILER UP TO 10-TON CAPACITY.

Mr. Bandhit Vongderri

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-579-002-8





หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับวินิจฉัยการปฏิบัติการหม้อไอน้ำ  
อุตสาหกรรมแบบท่อไพขนาดไม่เกิน 10 ตัน  
โดย นายบัณฑิต วงศ์เดอริ  
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกวิท ศตวุฒิ  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ คุณวุฒิ ดำรงค์พลาลิทธิ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร ตัณฑสุภี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกวิท ศตวุฒิ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รองศาสตราจารย์ คุณวุฒิ ดำรงค์พลาลิทธิ)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรียวเดชะ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บัณฑิต วงศ์เดอริ : ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการวินิจฉัยการปฏิบัติการหม้อไอน้ำอุตสาหกรรมแบบท่อไฟขนาดไม่เกิน 10 ตัน (EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF THE OPERATIONS OF INDUSTRIAL FIRE TUBE BOILER UP TO 10-TON CAPACITY) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.โกวิท ศตวุฒิ, รศ.คุณวุฒิ คำรงค์พลสิทธิ์, 194 หน้า. ISBN 974-579-002-8

วิทยานิพนธ์นี้ได้ประยุกต์เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และระบบผู้เชี่ยวชาญ มาใช้วินิจฉัยเพื่อหาสาเหตุข้อขัดข้องและการบำรุงรักษาเพื่อแก้ไขข้อขัดข้อง ในการทำงานควบคุมหม้อไอน้ำสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยวิศวกรความรู้จะเก็บรวบรวมข้อมูลและความรู้ของสาเหตุข้อขัดข้องและการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ จากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ผู้ใช้งาน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ซึ่งมีหน้าที่ควบคุม ดูแลและตรวจสอบการใช้งานหม้อไอน้ำ

ในส่วนของหม้อไอน้ำที่ศึกษาวิจัยนี้ เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีกำลังการผลิตไอน้ำไม่เกิน 10 ตันต่อชั่วโมง ลักษณะเฉพาะตัวของหม้อไอน้ำคือ มีระบบควบคุมการเผาไหม้อัตโนมัติ ระบบควบคุมการป้อนน้ำอัตโนมัติ ระบบควบคุมการจ่ายน้ำมันอัตโนมัติ และระบบควบคุมเพื่อความปลอดภัย

ในส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ศึกษาวิจัยนี้ จะใช้เครื่องมือช่วยพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ M.1 สร้างโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการวินิจฉัยเพื่อหาสาเหตุข้อขัดข้องในระบบหม้อไอน้ำ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า BODES (Boiler Operations Diagnosis Expert System)

BODES เป็นโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบด้วยฐานความรู้สำหรับกฎและข้อเท็จจริง มีการอนุมานแบบย้อนหลัง ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้ง่าย โดยระบบจะเป็นผู้สอบถามปัญหาที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้ จนในที่สุดสามารถสรุปผลการวินิจฉัยออกมาเป็นสาเหตุของปัญหา โดยจัดระดับความรุนแรงของปัญหาจากมากไปหาน้อย (ฉุกเฉิน, หนัก, ปานกลางและเบาตามลำดับ) จัดระดับความบ่อยครั้งในแต่ละสาเหตุจากมากไปหาน้อย (1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ) นอกจากนี้ ในแต่ละสาเหตุของปัญหาดังกล่าว จะให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหา เพื่อให้ผู้ทำงานควบคุมหม้อไอน้ำสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป



ภาควิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม .....  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม .....  
ปีการศึกษา ..... 2533 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....



BANDHIT VONGDERRI : EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF THE OPERATIONS OF INDUSTRIAL FIRE TUBE BOILER UP TO 10-TON CAPACITY. THESIS ADVISORS : ASST.PROF.KOVIT SATAVUTH, ASSO.PROF.KHOONAVUTHI DAMRONGPLASIT, 194 pp. ISBN 974-579-002-8

This thesis illustrates the applications of Artificial Intelligence and Expert System Technology for diagnosis and maintenance of the operations of industrial fire tube boiler. The Knowledge engineer has the duty to gather the information and knowledge of causes of the problem and remedies from the experts in the field of boiler manufacturer, dealer, operator and inspector.

In the boiler system, an industrial fire tube boiler up to 10-ton capacity, particularly consists of automatic combustion control, automatic feed water control, automatic fuel oil supply control and safety control system.

In the expert system, we used the powerful knowledge system software tool, M.1, to create an expert system for diagnosis of boiler operations and problems called BODES(Boiler Operations Diagnosis Expert System.)

A BODES consists of knowledge base which contains rules and facts, backward chaining reasoning process, and user interface. Non-specialist end-user can interact to BODES with user-friendly. A consultation involves a dialogue between BODES and end-user, eventually gain an expert advice. There are the degree of trouble from the most to the least seriousness(Emergency, Heavy, Moderate and Light respectively.) There are the priority degree from the most to the least occurrence frequency(1, 2, 3 and 4 respectively.)

In each cause of the problem, there are the remedies for advise the boiler operators to operate properly.

ภาควิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม  
ปีการศึกษา ..... 2533

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....





## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการให้คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่อง และให้กำลังใจจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกววิท ศตวุฒิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์คุณวุฒิ ดำรงค์พลสิทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสุรพล ชนสมบูรณ์ ผู้จัดการโรงงาน บริษัท ชีโนไทยเพรสเซอร์เวสเซล จำกัด คุณสุรพล เขาวนญาณ ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม บริษัท บางกอกอินดัสเตรียลบอยเลอร์ จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านเอกสารข้อมูลทางเทคนิคของหม้อไอน้ำ คุณศุภวัฒน์ สุวรรณศิลป์ ฝ่ายความปลอดภัยหม้อไอน้ำและถังมีความดัน กรมโรงงานอุตสาหกรรม คุณพิพัฒน์ นพทีปกังวาน สถาบันความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน กรมแรงงาน คุณทวีศักดิ์ กุลแสงเจริญ ผู้จัดการโรงงานพิมพ์ผ้าผลงามติ ที่ได้ให้คำปรึกษาและให้ข้อมูลในเรื่องเกี่ยวกับการควบคุมหม้อไอน้ำ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณ ดร.รัชพล โปษยานนท์ บริษัท เจริญโภคภัณฑ์ จำกัด ที่ได้ให้ความรู้ ความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ จนสามารถพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญให้สำเร็จตามจุดมุ่งหมายทุกประการ

นายบัณฑิต วงศ์เดอริ

ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ณ
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่	
1    บทนำ .....	1
2    ระบบหม้อไอน้ำ .....	5
ลักษณะทั่วไปของหม้อไอน้ำ .....	5
ระบบควบคุมอัตโนมัติ .....	15
อุปกรณ์สำหรับหม้อไอน้ำ .....	21
การควบคุมน้ำในหม้อไอน้ำ .....	52
3    ระบบผู้เชี่ยวชาญ .....	66
หลักการของระบบผู้เชี่ยวชาญ .....	66
วิศวกรรมความรู้ .....	70
การพัฒนาเทคโนโลยีระบบผู้เชี่ยวชาญ .....	78
การนำระบบผู้เชี่ยวชาญไปใช้งาน .....	81
4    การสร้างและใช้งานโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ BODES .....	84
การสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ .....	84
การใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญ BODES .....	106
5    สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	119
เอกสารอ้างอิง .....	122

ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก.	ข้อกำหนดทางเทคนิคของหม้อไอน้ำที่ทำการศึกษาวิจัย ...	125
ภาคผนวก ข.	ฐานความรู้ระบบผู้เชี่ยวชาญ (ภาษาไทย) .....	129
ภาคผนวก ค.	โปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับวินิจฉัยการปฏิบัติการ หม้อไอน้ำ BODES .....	149
ประวัติผู้เขียน	.....	194



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความนำไฟฟ้าของน้ำชนิดต่าง ๆ .....	53
2.2 อนุมูลทำความสะอาดชนิดต่าง ๆ .....	58, 59
3.1 ประวัติความเป็นมาของระบบผู้เชี่ยวชาญ .....	79
3.2 สรุประบบผู้เชี่ยวชาญที่น่าไปใช้ในงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม .....	82



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญภาพ

รูปที่

	หน้า
2.1 โครงสร้างของหม้อไอน้ำ .....	6
2.2 ท่อไค้ดงเป็นลอน .....	7
2.3 หัวฉีดชนิดต่าง ๆ .....	11
2.4 วงจรรวมทั้งหมดของระบบหม้อไอน้ำ .....	15
2.5 ระบบควบคุมการเผาไหม้ .....	17
2.6 การจุดไฟ .....	17
2.7 อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำแบบลูกลอย .....	20
2.8 อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำแบบอิเล็กทรอนิกส์และสัญญาณเตือน ที่ระดับน้ำต่าง ๆ .....	20
2.9 เกจวัดความดันแบบบูตอนทิว .....	21
2.10 เกจวัดระดับน้ำ .....	22
2.11 ลีนินทรีย์ .....	24
2.12 ก๊อกล้ำน้ำทิ้ง .....	25
2.13 วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง .....	25
2.14 บี้มแบบคาสเคด .....	27
2.15 วงจรป้อนน้ำมันหัวฉีด .....	28
2.16 ลักษณะของน้ำมันเมื่อผ่านกระบอกฉีดออกมา .....	29
2.17 หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง .....	30
2.18 โซลินอยด์วาล์วด้านไหลกลับ .....	31
2.19 โซลินอยด์วาล์วด้านจ่ายน้ำมัน .....	32
2.20 พัดลมเป่า .....	33
2.21 บีมน้ำมันเชื้อเพลิง .....	35
2.22 เครื่องอุ่นน้ำมันแบบใช้ไฟฟ้า .....	36
2.23 เครื่องอุ่นน้ำมันแบบใช้ไอน้ำและไฟฟ้า .....	37
2.24 ตัวตรวจจับระดับน้ำ .....	38



2.25 หัวฉีดน้ำ .....	39
2.26 ตาไฟ .....	39
2.27 ระยะห่างที่เหมาะสมในการตั้งหัวเทียน .....	40
2.28 วงจรหม้อแปลงจุดไฟ .....	40
2.29 เครื่องตรวจจับความดัน .....	41
2.30 เทอร์โมสแตท .....	42
2.31 ชุดควบคุมอุณหภูมิเทอร์โมสแตท .....	43
2.32 วงจรสวิทช์แมกเนติก .....	44
2.33 โซลินอยด์วาล์วไอน้ำ .....	45
2.34 วาล์วน้ำป้อน .....	46
2.35 วาล์วกักเก็บน้ำป้อน .....	47
2.36 อุปกรณ์ตัดไอน้ำเทอร์โมสแตติกแบบความดันสมดุล .....	47
2.37 อุปกรณ์ตัดไอน้ำเทอร์โมสแตติกแบบทำงานด้วยการ ขยายตัวของของเหลว .....	47
2.38 อุปกรณ์ตัดไอน้ำแบบใช้จานโลหะสองชนิด .....	48
2.39 อุปกรณ์ตัดไอน้ำแบบถ้วยหงาย .....	48
2.40 อุปกรณ์ตัดไอน้ำแบบถ้วยคว่ำ .....	49
2.41 อุปกรณ์ตัดไอน้ำแบบลูกลอยอิสระ .....	49
2.42 อุปกรณ์ตัดไอน้ำแบบลูกลอยมีตัวระบายอากาศเทอร์โมสแตติก .....	50
2.43 อุปกรณ์ตัดไอน้ำแบบเทอร์โมไดนามิค .....	50
2.44 อุปกรณ์ตัดไอน้ำแบบใช้แรงปะทะ .....	51
2.45 อุปกรณ์ตัดไอน้ำแบบลาบิรินท์ .....	51
2.46 วิธีการปรับปรุงสภาพน้ำ .....	55
3.1 การประยุกต์ใช้ปัญหาประดิษฐ์ในสาขาต่าง ๆ .....	67
3.2 โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ .....	68
3.3 ลักษณะการอนุมาน .....	69
3.4 โครงสร้างของ Production system และคุณสมบัติเฉพาะ .....	75
3.5 วงจรปฏิบัติการของ PS .....	76



4.1	วงจรการพัฒนาาระบบผู้เชี่ยวชาญ .....	85
4.2	องค์ประกอบของโครงสร้างแบบต้นไม้ .....	87
4.3	โครงสร้างแบบต้นไม้ของฐานความรู้เกี่ยวกับหม้อไอน้ำ(บางส่วน)..	88
4.4	ผังงานแบบต้นไม้ของระบบ BODES .....	97-105
4.5	ระดับคำสั่งใน BODES .....	109
4.6	การติดต่อกับผู้ใช้ .....	110
4.7	File box .....	111
4.8	จอภาพ Delivery environment .....	111
4.9	จอภาพ Standard development environment modes ....	112
4.10	จอภาพ Panels mode .....	113

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย